

# 第一篇 桥梁构造

## 第一章 绪论

在公路建设中，为跨越各种障碍（如江河、沟谷或其他线路），必须修建各种类型的桥梁与涵洞，因此桥涵是路线的重要组成部分。就桥涵的数量来说，即使地形不复杂的地段，每公里路线上一般也有 2~3 座桥涵。就桥涵的造价来说，一般平均占公路总造价的 10%~20%。同时，桥涵施工也比较复杂。因此，正确地、合理地进行桥涵设计和施工，对于节约材料，加快施工进度，降低工程费用，保证工程质量和公路的正常营运，都有着极其重要的意义。

### 第一节 桥梁组成及分类

#### 一、桥梁组成

##### 1. 梁桥的基本组成

公路梁桥的基本组成见图 1-1-1 其主要由上部结构、支座系统、桥墩、桥台和墩台基础等组成。

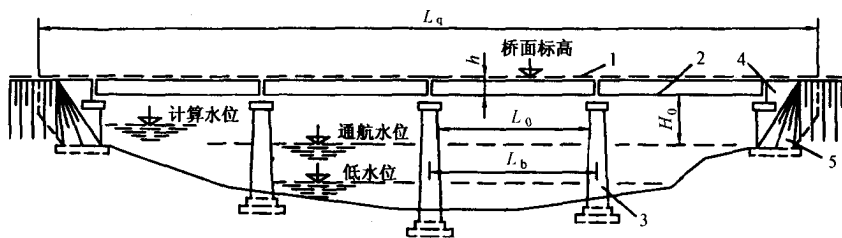


图 1-1-1 梁桥的基本组成

1-桥面 ;2-主梁 ;3-桥墩 ;4-桥台 ;5-锥形护坡

##### 1) 上部结构

上部结构也称桥跨结构，包括承重结构和桥面系，是路线遇到障碍，如河流、山谷等而中断时，跨越障碍的建筑物。它的作用是承受车辆荷载，并通过支座将荷载传给墩台。

##### 2) 支座系统

支承上部结构并传递荷载于桥梁墩台上，它应保证上部结构在荷载、温度变化或其他因素作用下所预计的位移功能。

##### 3 桥墩

连接相邻桥跨的建筑物，其作用是支承上部结构并将结构重力和车辆荷载传给基础。

##### 4 桥台

修建在桥梁两端连接路堤与桥跨并支承上部结构的建筑物，其作用是将结构重力和车辆

荷载传给基础，抵御路堤的土压力。

### 5 墩台基础

承受由上部结构及墩、台所传递的全部荷载，并将荷载传递至地基的结构部分。

### 6) 附属结构

包括桥头路堤锥形护坡、护岸等。它的作用是防止路堤填土向河中坍塌 并抵御水流的冲刷。

## 2. 拱桥的基本组成

公路拱桥的基本组成见图 1-1-2 其主要由上部结构(拱圈)桥墩、桥台和墩台基础等组成。

### 3. 桥梁主要尺寸

计算跨径  $L$ ——梁桥为桥跨结构两支承点间的距离 拱桥为两拱脚截面重心点间的水平距离。

净跨  $L_0$ ——为计算水位上相邻两个桥墩(台)间的净距离。通常把梁桥支承处内边缘间的距离、拱桥两拱脚截面最低点间的水平距离称为净跨径。

标准跨径  $L_b$ ——梁桥为桥墩中线间或桥墩

中线与台背前缘间的距离 拱桥为净跨径。根据

《公路工程技术标准》(JTJ 001—97)的规定，桥涵线

标准跨径为 0.75m、1.0m、1.25m、1.5m、2.0m、2.5m、3.0m、4.0m、5.0m、6.0m、8.0m、10m、13m、16m、20m、25m、30m、35m、40m、45m、50m、60m。

桥梁全长  $L_q$ ——有桥台的桥梁为两岸桥台侧墙或八字墙尾端间的距离；无桥台的桥梁为桥面系行车道长度。

多孔跨径总长  $L_d$ ——梁桥为多孔标准跨径总和；拱桥为两桥台内拱脚截面最低点(起拱线)间的距离；其他形式桥梁为桥面系行车道长度。

桥梁高度  $H$ ——行车道顶面至低水位间的距离，或行车道顶面至桥下所跨路线的路面间的距离。

桥梁建筑高度  $h$ ——行车道顶面至上部结构最低边缘间的距离。

桥梁容许建筑高度  $h_{容}$ ——桥面标高与桥下通航或排洪必需的净空高度之差。

桥下净空  $H_0$ ——上部结构最低边缘至计算水位(计算水位 = 设计水位 + 壅水 + 浪高 或通航水位)间的距离。对于跨越其他路线的桥梁，是指上部结构最低边缘至所跨越路线的路面间的距离。

拱桥矢高和矢跨比 ——从拱顶截面下缘至过起拱线的水平线间的垂直距离，称为净矢高( $f_0$ )；从拱顶截面重心至过拱脚截面重心的水平线间的垂直距离，称为计算矢高( $f$ )。计算矢高与计算跨径之比( $f/L$ )称为拱圈的矢跨比(或称拱矢度)

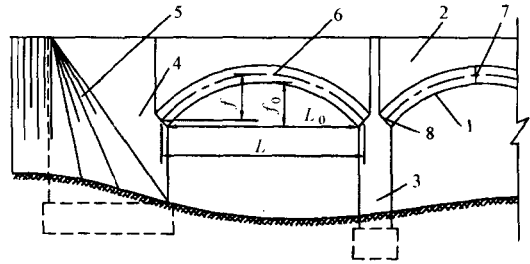


图 1-1-2 拱桥的基本组成

## 二、桥梁的分类

### 1. 按桥梁主要承重构件的受力情况分

#### 1) 梁桥

主要承重构件是梁板，在竖向荷载作用下 梁承受弯矩 墩台承受竖向压力(图 1-1-3)。

#### 2) 拱桥

主要承重构件是拱圈。在竖向荷载作用下，拱圈主要承受压力，但也承受弯矩。墩台除承

受竖向压力和弯矩外 还承受水平推力(图 1-1-4)。

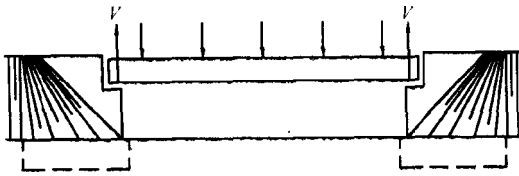


图 1-1-3 梁桥简图

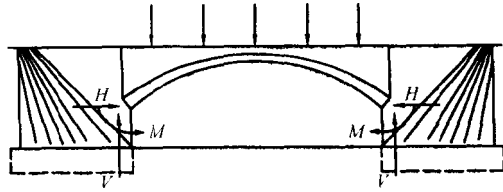


图 1-1-4 拱桥简图

### 3)刚架桥

上部结构和墩台(支柱)彼此连成一个整体。在竖向荷载作用下 柱脚产生竖向反力、水平反力和弯矩。这种桥的受力情况介于梁和拱之间(图 1-1-5)。

### 4)吊桥

以缆索作为承重构件。在竖向荷载作用下,缆索只承受拉力。墩台除承受竖向反力外,还承受水平推力(图 1-1-6)。

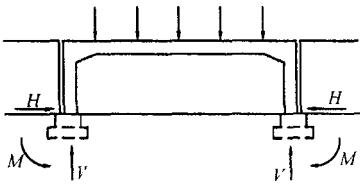


图 1-1-5 刚架桥简图

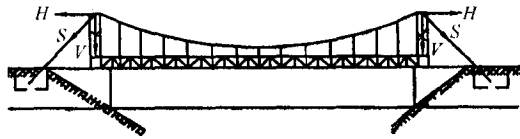


图 1-1-6 吊桥简图

### 5)组合体系桥

它是由两种以上简单基本结构所组成,互相联系,共同受力。图 1-1-7 所示为梁拱组合的系杆拱桥,图 1-1-8 所示为拉索和梁组合的斜拉桥。

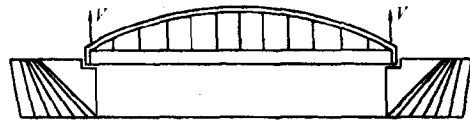


图 1-1-7 系杆拱桥简图

## 2. 按桥梁的长度和跨径大小分

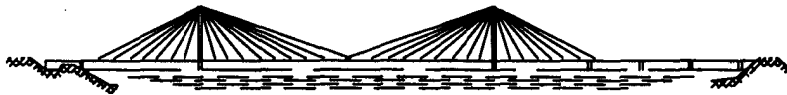


图 1-1-8 斜拉桥简图

按桥梁长度和跨径大小可分为特大桥、大桥、中桥、小桥和涵洞,见表 1-1-1。

特大、大、中、小桥和涵洞划分标准

表 1-1-1

桥梁分类	多孔跨径总长 $L_d$ (m)	单孔标准跨径 $L_b$ (m)
特大桥	$L_d \geq 500$	$L_b \geq 100$
大桥	$100 \leq L_d < 500$	$40 \leq L_b < 100$
中桥	$30 < L_d < 100$	$20 \leq L_b < 40$
小桥	$8 \leq L_d \leq 30$	$5 \leq L_b < 20$
涵洞	$L_d < 8$	$L_b < 5$

注:圆管涵及箱涵不论管径或跨径大小、孔数多少,均称为涵洞。

### 3. 按上部结构所用材料分

木桥、钢筋混凝土桥、预应力混凝土桥、圪工桥(包括砖、石、混凝土桥)、钢桥等。

### 4. 按行车道的位置分

上承式桥：行车道位于承重结构之上(图1-1-4)。

中承式桥：行车道位于承重结构中部(图1-1-9)。

下承式桥：行车道位于承重结构下部(图1-1-7)。

其他分类方法：按使用年限分为永久性桥和临时性桥；按使用条件分为高水位桥、低水位桥、开启桥、漫水桥等。

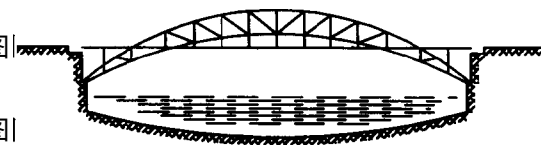


图 1-1-9 中承式桥简图

## 第二节 桥梁总体设计

### 一、设计的基本要求和设计资料

#### 1. 桥梁设计的基本要求

我国桥梁设计必须遵循‘安全、实用、经济和美观’的基本原则。

##### 1) 使用上的要求

桥梁设计必须满足车辆畅通无阻、安全和舒适的要求；同时要根据桥梁所在地区的国民经济发展情况既要满足当前交通量的需求，又照顾到将来交通量增长的要求；既要满足运输的要求，又要满足农田排灌的要求，在通航的河道上，应满足航运的要求，还要考虑养护和维修方面的要求。

##### 2) 设计上的要求

桥梁设计应积极采用新结构、新技术、新材料、新工艺，认真学习国外的先进技术，充分利用国际最新科学技术成就，结合我国具体情况不断创新，提高建桥水平。

##### 3) 施工上的要求

桥梁的结构应便于制造，在运输和安装过程中应具有足够的强度、刚度和稳定性。

##### 4) 经济上的要求

桥梁的设计方案必须进行技术经济比较，一般地说，应使桥梁的造价最低，材料消耗最少。然而，决不能只按建筑造价作为全面衡量桥梁经济性的指标，还要考虑到桥梁的使用年限、养护和维修费用等因素综合进行评价。

##### 5) 美观上的要求

在满足上述要求的前提下，尽可能使桥梁具有优美的建筑外形，并与周围的景物相协调。合理的轮廓是美观的重要因素，决不应把美观片面地理解为豪华的细部装饰。

#### 2. 设计资料的调查

##### 1) 调查桥梁的使用要求

桥上的交通种类、车辆荷载等级、交通量及其增长率和行人情况，据此确定设计荷载标准、车道数目、行车道宽度及人行道宽度。

##### 2) 选择桥位

一般原则上大、中桥桥位应服从路线的总方向 路桥综合考虑。一是从整个路线或路网要求看,在降低桥梁建养费用的同时,也要避免或减少因车辆绕行而增加的费用;二是从桥梁本身的经济性和稳定性出发 要求桥位要选在河道顺直、水流稳定、河面较窄、地质良好、冲刷较小的河段上以降低建养费用,同时避免因冲刷过大造成桥梁倒塌。一般应尽量避免桥梁与河流或路线斜交,以免增加桥梁长度而提高造价。

对小桥来说,原则上,桥梁位置要服从路线走向,当遇到不利的地形、地质和水文条件时,应采取适当的技术措施,尽可能不改变路线走向。

大、中桥一般应选择 2~5 个桥位 进行综合比较 选择出最合理的桥位。

### 3)测量桥位附近的地形图

包括测量桥位处的地形、地物,并绘成平面地形图,供设计和施工使用。

### 4)调查地质资料

按《公路桥位勘测设计规范》(JTJ 062—91)的规定和要求 采用适当的方法获得所需的地质资料 如可根据桥梁分孔情况确定钻孔数量和位置 并将钻孔资料绘成地质剖面图 作为基础设计的依据。

### 5)调查和收集水文资料

水文资料用以确定桥面标高、跨径和基础埋深。内容包括:

(1)河道性质:河床及两岸的冲刷和淤积,河道的自然变迁及人工规划,是否为季节性河流。

(2)测量桥位处河床断面、河床比降 调查河槽各部分的形态、标高和粗糙率 计算流速、流量等,通过计算确定设计水位处的平均流速和流量,结合河道性质可以确定桥梁所需要的最小总跨径,选择通航孔的位置和墩台基础形式及埋置深度。

(3)调查了解洪水位的多年历史资料,通过分析推算设计洪水位。

(4)向航运管理部门了解和协商确定设计通航水位和净空等,根据通航要求与设计洪水位 确定桥梁的分孔跨径与桥跨底缘设计标高。

(5)调查桥位附近的气象和地震情况 如 风向、风速及有记载的地震资料。

(6)其他资料 劳动力资源 建材供应情况 电力供应情况 当地运输条件 施工场地等。

根据调查、勘测所得的资料,可以拟出几个不同的桥梁比较方案,方案包括:不同的桥位、不同的结构形式、不同的材料、不同的分孔和跨径等 通过综合比较 从中选出最合理的方案。

## 二、桥梁设计程序

根据国家基本建设程序的要求,我国大、中桥梁的设计已形成了科学的包括技术、经济及组织工作在内的设计程序。它分为前期工作及设计阶段。前期工作包括编制预可行性研究报告和可行性研究报告。大、中桥一般采用两阶段设计 即初步设计、施工图设计 小桥采用一阶段设计。

### (一)前期工作

前期工作主要是预可行性研究报告与可行性研究报告的编制。两者应包括的内容及目的基本是一致的,只是研究的深度不一样。预可行性研究报告是在工程可行的基础上,着重研究建设上的必要性和经济上的合理性;可行性研究报告则是在预可行性研究报告审批后,在必要性和合理性得到确认的基础上,着重研究工程上和投资上的可行性。前期工作的重点在于论证建桥的必要性、可行性 并确定建桥的地点、规模、投资控制等宏观问题和重大问题。

前期工作的主要内容：

### 1.工程必要性论证

调查准备建桥地区的车流量(包括车数、车型、流向)在此基础上从发展的观点及桥修通后可能引入的车流,进行科学的分析,得出日车流量,作为立论的依据。超过一定的日车流量修建桥梁才是必要的。

### 2.工程可行性论证

#### 1)制定桥梁标准问题

根据调查的流量先确定路线等级并确定车道数、桥面宽度及荷载标准,其次确定车速、桥梁坡度和曲线半径。如通航,还需确定航运标准、航运水位、航道净空、航道数量及位置等。

#### 2)自然条件及周围环境问题

收集水文资料,包括设计流量,历史最高、最低水位,百年一遇洪水位及常水位情况及流速。

收集地质资料,要探明覆盖层的性质、岩面高低、岩性及构造,从地质角度对各桥位做出初步评价。

收集万分之一地形图,进行纸上定线,再在实地桥位两岸设点,用测距仪测得跨河距加以校正,并进行现场考核。

对各桥位周围环境,包括道路、输电设备、建筑物、文物古迹等进行调查。

#### 3)桥型方案问题

进行桥型方案比较的目的就是评估方案的可行性。要求提供各个方案的工程数量。

#### 4)桥位问题

至少应选择两个以上的桥位进行比选,如遇特殊情况还需在大范围内提出多个桥位进行比选。比选内容:

(1)桥位对路网布置是否有利,随着建桥技术的发展,修桥的位置不再受限制,必须将桥位置于路网内一起考虑,尽量满足选线的需要;

(2)造价比较,要将各桥位桥梁本身的造价与连接线的造价加在一起进行比较;

(3)地质条件的比较,考虑地质条件对基础工程的影响;

(4)对航运条件进行比较;

(5)环境保护的评估。

经综合比较,选定一个桥位作为推荐桥位。

### 3.经济可行性论证

(1)造价及回报问题;

(2)资金来源及偿还问题。

## (二)初步设计

由计划部门下达的设计任务书是进行初步设计的依据。任务书中规定了桥位、建桥标准、建桥规模。

初步设计的主要工作内容:

### 1.进一步开展水文、勘测工作

通过进一步的水文工作提供基础设计和施工所需要的水文资料;进行初勘,建立以桥位中心线为轴线的控制三角网,提供桥址范围内两千分之一地形图。

### 2.桥型方案比较

一般应进行多个方案比较。各个方案均要提供桥型方案布置图，图上必须标明桥跨布置，上、下部结构形式及工程数量。对推荐方案还要提供上、下部结构的结构布置图，以及一些主要的及特殊部位的细节构造图。各类结构都需要经过验算并提出可行的施工方案。

### 3. 施工组织设计

对推荐的桥型方案要编制施工组织设计，包括主要结构的施工方案，施工设备清单，建材供应，施工安排及工期等。

### 4. 概算

根据工程量、施工组织设计及标准定额编制概算。各个桥型方案都要编制相应的概算，以便进行不同方案工程费用的比较。

按照规定，初步设计概算不能大于前期工作已批准的估算的 10% 否则方案应重新编制。

## (三) 施工图设计

- (1) 进行施工钻探，以满足施工的需要；
- (2) 根据批准的初步设计，绘制施工图；
- (3) 根据施工设计资料编制工程预算。

## 三、桥梁的纵断面和横断面设计

### 1. 桥梁的纵断面设计

包括确定桥梁的总跨径、桥梁的分孔、桥梁的高度、基础埋置深度、桥面标高和桥头引道的纵坡等。

桥梁的总跨径和桥梁的高度应能满足桥下洪水的安全渲泄。

桥梁的分孔与许多因素有关，最经济的跨径就是使上部结构和下部结构的总造价最低。因此当桥墩较高或地质不良，基础工程较复杂而造价较高时，桥梁跨径就选得大些；反之，当桥墩较矮或地质较好时，跨径就可选小些。在实际设计中，应对不同的跨径布置进行方案比较，选择最经济的跨径和孔数。在通航的河流上，首先应以考虑桥下通航的要求来确定孔径。

桥梁高度的确定，应结合桥型、跨径大小等综合考虑，同时还应考虑以下几个问题：

(1) 桥梁的最小高度应保证桥下有足够的流水净空高度。

通常永久性桥梁的桥跨结构底面应高于计算水位（不小于）0.5m；对于有流冰的河流，应高出最高流冰面，不小于 0.75m（图 1-1-10）。为防止桥梁的支座结构遭受水淹，设计时还应使支座底面高于计算水位（不小于 0.25m，高于最高流冰面，不小于 0.5m，见图 1-1-10）。

对于无铰拱桥，拱脚容许淹没在计算水位之下，但通常淹没深度不超过拱圈矢高的  $\frac{2}{3}$ ，为了保证漂浮物的通过，在任何情况下拱顶底面应高出计算水位（不小于）1.0m；为防止冰害，拱脚的起拱线尚应高出最高流冰面（不小于 0.25m）。

(2) 在通航河流上，必须设置一孔或几孔能保证桥下有足够通航净空的通航孔。通航孔的最小净高应根据不同航道等级所规定的桥下净空尺寸确定（图 1-1-11）。

(3) 设计跨越铁路或公路的立体交叉桥时，应保证桥下通行车辆的净空高度。

对大、中桥梁要考虑桥面排水问题。大、中桥桥上纵坡不宜大于 4%，桥头引道纵坡不宜大于 5%。

### 2. 桥梁横断面设计

桥梁横断面设计，主要是确定桥面净宽和与此相适应的桥跨结构横断面的布置。

为了保证车辆和行人安全通过，应在桥面以上垂直于行车方向保留一定限界的空间，这个

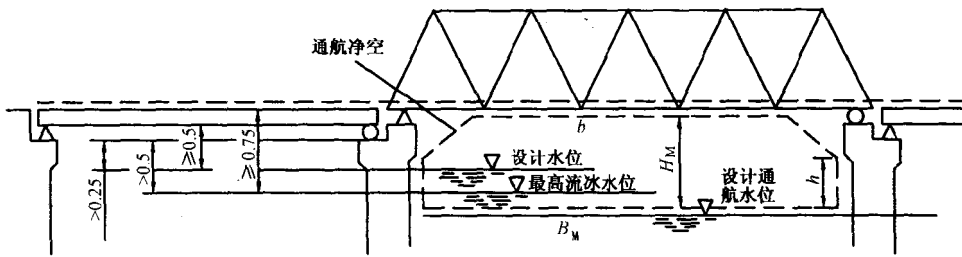


图 1-1-10 梁桥纵断面 (尺寸单位:m)

空间称为桥面净空。它包括净宽和净高,其尺寸应符合公路建筑限界图 1-1-12 的规定。

桥面净宽包括行车道宽度和侧向宽度。行车道宽度决定于桥梁所在公路的等级和性质,其净宽标准见表 1-1-2 选用时应和桥梁所在公路的行车道路面宽度相适应。

侧向宽度为应急停车带宽度或人行道宽度和自行车道宽度。桥上人行道和自行车道的设置,应根据需要而定,并与路线前后布置配合。必要时自行车道和行车道宜设置适当的分隔设施。人行道的宽度为 0.75m 或 1.0m 大于 1.0m 时按 0.5m 的倍数增加。不设自行车道和人行道时,可根据具体情况,设置栏杆和安全带。安全带宽度通常每侧设 0.25m。人行道和安全带应高出行车道面 0.25~0.35m,以保证行人和行车本身的安全。与路基同宽的小桥和涵洞可仅设缘石和栏杆。漫水桥不设人行道,但应设栏杆。

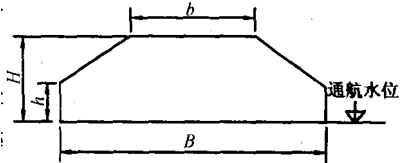


图 1-1-11 桥下通航净空图

$H$ 、 $h$ —净空高度; $B$ 、 $b$ —净空宽度

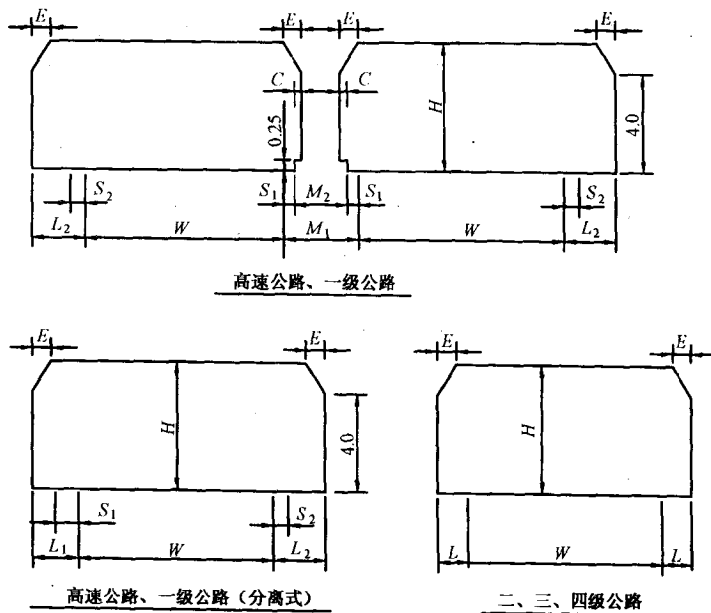


图 1-1-12 建筑限界 (尺寸单位:m)

注 ①当桥梁设置的人行道宽度大于侧向宽度时 建筑限界应包括所增加的宽度;

人行道、自行车道与行车道分开设置时 其净高一般为 2.5m。

图中:  $W$ ——行车道宽度 见表 1-1-2;

- $C$ ——当计算行车速度等于或大于 100km/h 时为 0.5m 小于 100km/h 时为 0.25m;
- $S_1$ ——行车道左侧路缘带宽度, 见 JTJ 001—97 中第 3.0.4 条规定;
- $S_2$ ——行车道右侧路缘带宽度, 见 JTJ 001—97 中第 3.0.5 条规定;
- $M_1$ 、 $M_2$ ——中间带及中央分隔带宽度, 见 JTJ 001—97 中第 3.0.4 条规定;
- $E$ ——建筑限界顶角宽度, 当  $L \leq 1m$  时,  $E = L$ ; 当  $L > 1m$  时,  $E = 1m$ ;
- $H$ ——净高, 一条公路应采用一个净高, 高速公路和一级、二级公路为 5.0m 三级、四级公路为 4.5m;
- $L_1$ ——左侧硬路肩宽度 见 JTJ 001—97 中第 3.0.5 条规定;
- $L_2$ ——右侧硬路肩宽度 见 JTJ 001—97 中第 3.0.5 条及第 3.0.6 条规定;
- $E$ ——侧向宽度, 高速公路、一级公路的侧向宽度为硬路肩宽度 ( $L_1$  或  $L_2$ ) 其他各级公路的侧向宽度为路肩宽度减去 0.25m。

各级公路行车道宽度

表 1-1-2

公路等级	高速公路						一级公路		二级公路		三级公路		四级公路				
	120						100	80	60	100	60	80	40	60	30	40	20
计算行车速度 (km/h)	120						100	80	60	100	60	80	40	60	30	40	20
车道数	8	6	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	1 或 2		
行车道宽度 (m)	2×15.0	2×11.25	2×7.5	2×7.5	2×7.5	2×7.0	2×7.5	2×7.0	9.0	7.0	7.0	6.0			3.5 或 6.0		

为了桥面上排水的需要, 桥面应根据不同类型的桥面铺装, 设置从桥面中央倾向两侧的 1.5% ~ 3.0% 的横坡; 人行道设置向行车道倾斜 1% 的横坡。

#### 四、桥型选择的影响因素

桥型结构的选择, 必须满足实用、经济并适当照顾美观的原则, 结合到每一具体的结构形式 它又与地质、水文、地形等因素有关。因此 在选择桥型时 必须综合考虑各方面的影响因素 确定最合理的桥型方案。

影响桥型选择的因素很多 按这些因素的特点、作用和地位 可以将其分为独立因素、主要因素和限制因素。

(1) 桥梁的长度、宽度和通航孔大小等是桥型选择的独立因素, 在计划部门下达的设计任务书中已作了具体规定, 设计部门无权随意改动。

(2) 所选桥型是否经济是桥型选择时必须考虑的主要因素 是无论何时何地修建桥梁都必须要考虑的条件。

(3) 地质、地形、水文、航运、气候等条件是桥型选择的限制因素。

地质条件影响桥型 (基础类型) 和工程造价。地形、水文条件将影响到桥型、基础埋置深度、水中桥墩数量等。这些也影响到工程造价。比如在高山峡谷、水流湍急的河道, 建造单孔桥避免修建水中桥墩比较合理; 而在水下基础施工困难的地方, 适当地将跨径增大, 避开困难的水下工程, 可取得良好的经济效益。

## 第二章 公路桥梁上的作用

### 第一节 规范中的相关规定

《公路工程结构可靠度设计统一标准》(GB/T 50283—1999)规定结构上的作用应分为直接作用和间接作用。直接作用为直接施加于结构上的集中力或分布力；间接作用为引起结构外加变形或约束变形的地震、基础变位、温度和湿度变化、混凝土收缩和徐变等。直接作用又称为荷载。

作用按随时间变化可分为永久作用、可变作用和偶然作用三类。

#### 一、永久作用

永久作用在设计基准期内量值不随时间而变化，或其变化值与平均值比较可以忽略不计，包括结构自重、土重力和土侧压力、混凝土收缩和徐变影响力、水位不变的水压力、水的浮力、基础变位影响力、预加应力等。

(1)桥梁结构重力等于结构的体积乘以材料的容重(表 1-2-1)。

常用材料容重

表 1-2-1

材料种类	钢筋混凝土	混凝土和片石混凝土	浆砌块石或料石	浆砌片石	干砌块石或片石	沥青混凝土	填土	填石
容重(kN/m <sup>3</sup> )	25.0~26.0	24.0	25.0~26.0	23.0	21.0	23.0	17.0~18.0	19.0~20.0

(2)土侧压力可分为静止土压力、土抗力、主动土压力和被动土压力，其计算方法可参照《公路桥涵设计通用规范》(JTJ 021—89)中附录一、二和《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ 024—85)中附录二规定的方法进行计算。

(3)混凝土收缩、徐变和基础变位将使超静定结构产生内力，这些力的计算可根据《公路桥涵设计通用规范》(JTJ 021—89)的有关规定进行。

(4)水的浮力对桥梁墩台的影响，当墩台位于透水性地基上时，验算墩台稳定性时应考虑水的浮力，验算基底应力仅考虑低水位的浮力或不考虑水的浮力；当墩台位于不透水性地基上时，可不考虑水的浮力，当不能肯定地基是否透水时，应以透水和不透水两种情况分别计算，与其他荷载组合，取其最不利者。

(5)对预应力混凝土桥梁结构，预加应力在结构使用极限状态设计时，应作为永久荷载计算其效应，计算时应考虑相应阶段的预应力损失；在结构承载能力极限状态设计时，预加力不作为荷载，而将预应力钢筋作为结构抗力的一部分。

#### 二、可变作用

可变作用在设计基准期内量值随时间而变化，且变化值与平均值比较不可忽略，包括车辆

荷载及其冲击力、离心力和制动力、人群荷载、车辆荷载产生的土侧压力、风荷载、温度和湿度变化影响力、水位变化的水压力和冰压力等。

### 1. 车辆荷载

《公路工程技术标准》(JTJ 001—97) 规定了桥涵设计的标准化荷载 标准中将经常地、大量地出现的汽车排列成车队作为计算荷载；将偶然地、个别地出现的平板挂车和履带车作为验算荷载。

#### 1) 汽车荷载

汽车荷载可分为汽车—10级、汽车—15级、汽车—20级和汽车—超20级四个等级 其中汽车—15级仅作名义上的保留 在今后的设计中不再选用)各等级汽车的纵向排列、汽车的平面尺寸和横向布置如图 1-2-1 和图 1-2-2 所示。

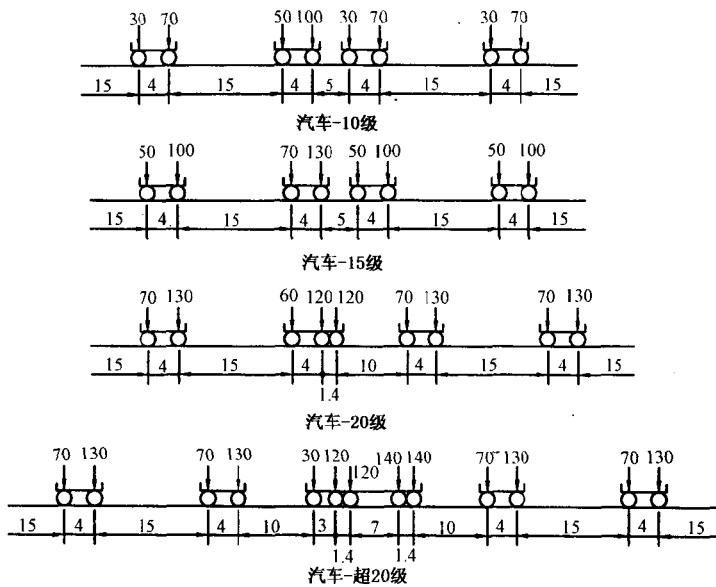


图 1-2-1 各级汽车车队的纵向排列 (轴重力单位 :kN; 尺寸单位 :m)

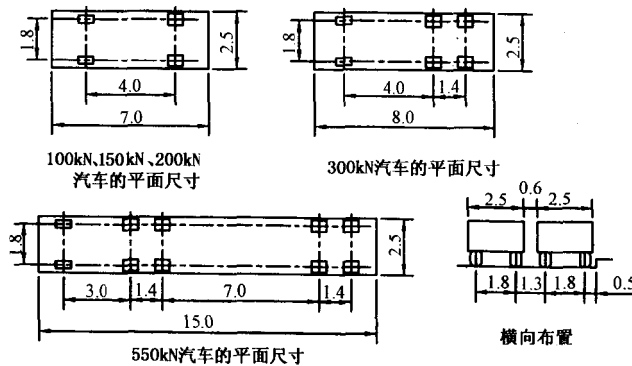


图 1-2-2 各级汽车的平面尺寸和横向布置 (尺寸单位 :m)

车轮着地宽度和长度见表 1-2-2。荷载级别中的数字表示车队中主车的等级。考虑到车队行驶时可能出现超过规定的主车重力的车辆，因此，在每级汽车车队中均规定只允许有一辆重车（或称加重车），车队中主车的数目可以根据需要按规定间距任意延伸排列。汽车车队在

桥上的纵横位置均按最不利情况布置，以使计算部位产生最大的内力。但是，车辆轴重力的顺序应按车队的规定排列(车辆行驶方向一致)不得任意改动。

汽车荷载横向布置时，汽车外侧车轮的中线离人行道或安全带边缘的距离不得小于0.5m。多车道桥梁的汽车荷载在计算时按各行车队同向行驶考虑。当桥梁横向布置车队数大于2时，应考虑计算荷载效应的横向折减，但折减后不得小于用两行车队的计算结果。一个整体结构上的计算荷载横向折减系数见表1-2-3。横向布置车队数见《公路工程技术标准》(JTJ 001—97)中表7.0.2-2。当桥梁计算跨径大于150m时应考虑计算荷载效应的纵向折减 参见《公路工程技术标准》(JTJ 001—97)中表7.0.2-4。

各级汽车荷载主要技术指标

表 1-2-2

主要指标	单位	汽车荷载等级				
		汽车-10级	汽车-15级	汽车-20级	汽车-超20级	汽车-超20级
一辆汽车总重力	kN	100	150	200	300	550
一行汽车车队中重车辆数	辆	—	1	1	1	1
前轴重力	kN	30	50	70	60	30
中轴重力	kN	—	—	—	—	2×120
后轴重力	kN	70	100	130	2×120	2×140
轴距	m	4	4	4	4+1.4	3+1.4+7+1.4
轮距	m	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
前轮着地宽度及长度	m	0.5×0.2	0.5×0.2	0.6×0.2	0.6×0.2	0.6×0.2
中后轮着地宽度及长度	m	0.5×0.2	0.5×0.2	0.6×0.2	0.6×0.2	0.6×0.2
车辆外形尺寸(长×宽)	m	7×2.5	7×2.5	7×2.5	8×2.5	15×2.5

注：一行汽车车队中主车辆数不限。

横向折减系数

表 1-2-3

横向布置车队数	3	4	5	6	7	8
横向折减系数	0.78	0.67	0.60	0.55	0.52	0.50

2) 平板挂车和履带车

平板挂车可分为挂车—80、挂车—100 和挂车—120 三种(其中与汽车—15 级对应的验算荷载挂车—80 仅作名义上的保留, 在今后的设计中不再选用)。履带车只有履带—50 一种。平板挂车和履带车的纵向排列和横向布置如图 1-2-3 所示。履带宽度、车轮着地宽度和长度见表 1-2-4。

各级验算荷载主要技术经济指标

表 1-2-4

主要技术指标	单位	履带—50	挂车—80	挂车—100	挂车—120
车辆重力	kN	500	800	1 000	1 200
履带数或车轴数	个	2	4	4	4
各条履带压力或每个车轴重力	kN	56kN/m	200	250	300
履带着地长度或纵向轴距	m	4.5	1.2+4.0+1.2	1.2+4.0+1.2	1.2+4.0+1.2
每个车轴的车轮组数目	组	—	4	4	4
履带横向间距或车轮横向间距	m	2.5	3×0.9	3×0.9	3×0.9
履带宽度或每对车轮着地宽度和长度	m	0.7	0.5×0.2	0.5×0.2	0.5×0.2

对于履带车, 顺桥方向可考虑多辆行驶, 但两车间净距不得小于 50m。

对于平板挂车, 全桥均以通过一辆计算。履带车或平板挂车通过桥涵时, 应靠中以慢速行驶。履带车外侧履带的中线或平板挂车外侧车轮的中线离人行道或安全带边缘的距离不得小于 1m。验算时不考虑冲击力、人群荷载和其他非经常作用在桥涵上的各种外力。

设计桥涵或受车辆荷载影响的构造物所用的车辆荷载等级, 应根据公路的使用任务、功能和未来的发展等具体情况按表 1-2-5 选用。

2. 人群荷载

设有人行道的桥梁, 当用汽车荷载计算时, 要同时计入人行道上的人群荷

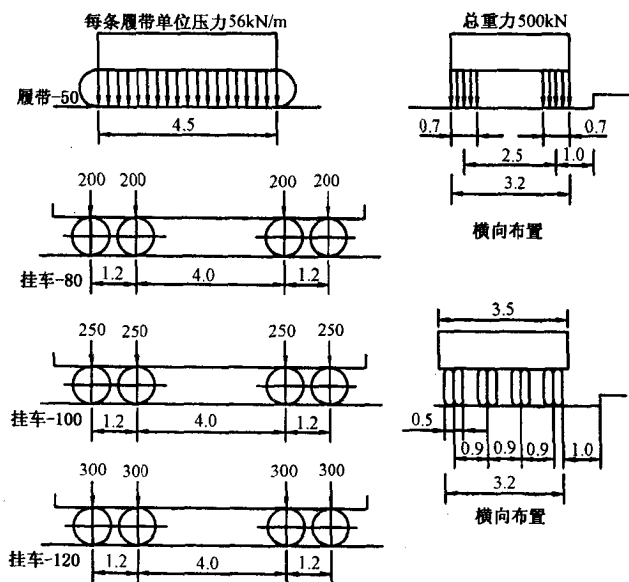


图 1-2-3 各级验算荷载图式和横向布置(重力单位: kN 尺寸单位: m)

载。人群荷载一般规定为  $3\text{kN/m}^2$  城市郊区行人密集区一般为  $3.5\text{kN/m}^2$  也可根据实际情况或参照所在城市桥梁设计的规定确定。

各类公路车辆荷载

表 1-2-5

公路等级	高速公路	一	二	三	四
计算荷载	汽车—超 20 级	汽车—超 20 级 汽车—20 级	汽车—20 级	汽车—20 级	汽车—10 级
验算荷载	挂车—120	挂车—120 挂车—100	挂车—100	挂车—100	履带—50

注：①一条路线上的桥涵，一般应采用同一计算荷载和验算荷载；

当改建三级公路时，对达到汽车—15级、挂车—80荷载标准的原有桥梁可适当利用；

有集装箱运输的一级公路，应采用汽车—超 20 级、挂车—120 荷载；

桥面行车道宽度为  $4.5\text{m}$  的桥梁，其平板挂车不作具体规定，设计时可按实际情况自行确定。

当人行道采用预制的钢筋混凝土板时，应以  $1.2\text{kN}$  的集中力作用于一块板上进行验算。计算栏杆时，作用在栏杆立柱顶上的水平推力一般采用  $0.75\text{kN/m}$ ，作用在栏杆扶手上的竖向力一般采用  $1\text{kN/m}$ 。

### 3. 车辆荷载影响力

#### 1) 冲击力

汽车过桥时，由于桥面的不平整等因素，汽车对桥梁撞击而使其发生振动，这种动力效应通常称为冲击作用，它将随车速度的增大而增大。因此，以一定速度通过桥梁的汽车荷载（动荷载）对桥梁结构所产生的内力要比同样大小的静荷载大。这种内力的增大部分称为冲击力。冲击力的大小可用汽车荷载乘以冲击系数  $\mu$  来确定。

冲击系数  $\mu$  随跨径的增大而减小，并与桥梁的结构形式有关。其值大小是根据在现成桥梁上所做的振动试验结果整理出来的，因此，在设计时可按不同结构种类选用不同的冲击系数。钢筋混凝土、混凝土和砖石砌筑桥涵的冲击系数按表 1-2-6 采用。支座的冲击系数按相应的桥梁采用。重力式墩台不计冲击力。填料厚度（包括路面厚度）等于或大于  $50\text{cm}$  的拱桥和涵洞也均不计冲击力。

钢筋混凝土、混凝土和砖石砌筑桥涵的冲击系数

表 1-2-6

结构种类	跨径或荷载长度(m)	冲击系数 $\mu$
梁、刚构、拱上建筑、柱式和桩式墩台、涵洞盖板	$L \leq 5$	0.30
	$L \geq 45$	0
拱桥的主拱圈或拱肋	$L \leq 20$	0.20
	$L \geq 70$	0

注 表列数值之间可内插。

#### 2) 离心力

位于曲线上的桥梁，当曲线半径等于或小于  $250\text{m}$  时，应计算车辆的离心力。设曲线半径为  $R$  车辆荷载重力为  $P$  在桥上行驶的车速为  $v$  则车辆的离心力为：

$$H = \frac{Pv^2}{127R} = CP \quad (1-2-1)$$

式中： $C$ ——离心力系数。

离心力的着力点设在桥面以上  $1.2\text{m}$  处为计算方便也可移至桥面上 不计由此引起的力矩)

### 3) 车辆荷载引起的土侧压力

车辆荷载引起的土侧压力，即这些车辆荷载在桥台或挡土墙后填土的破坏棱体上引起的土侧压力可按《公路桥涵设计通用规范》(JTJ 021—89)中第 2.3.6 条规定计算。

### 4. 风力

对于大跨径桥梁，特别是斜拉桥和悬索桥，风荷载是极为重要的设计荷载，有时甚至起决定性的作用 即对结构的强度、刚度和稳定性起控制作用。

公路桥涵设计规范规定的风压计算仅是静止风压，适用于中、小跨径桥梁设计，对于大跨径桥梁 应该专门进行抗风设计。

作用在单位面积上的风力称为风压。作用在桥上的风力是由迎风面的压力和背风面的吸力所组成。它可分为垂直桥轴方向的横向风力和顺桥轴方向的纵向风力。

(1) 横向风力为横向风压乘以迎风面积。横向风压是每平方米迎风面积上所受横向风力的大小 它与设计风速 地形、地理条件 风压高度 风速频率和风载体形有关 其值按下式计算：

$$W = K_1 K_2 K_3 K_4 W_0 \quad (1-2-2)$$

式中： $K_1$ ——设计风速频率换算系数 对特殊大桥及在高速公路、一、二级公路上的大、中桥梁采用 1.0；其他桥梁采用 0.85；

$K_2$ ——风载体形系数 桥墩见表 1-2-7 其他构件为 1.3；

$K_3$ ——风压高度变化系数 见表 1-2-8；

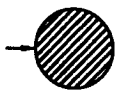
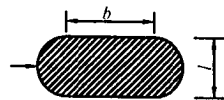
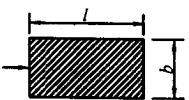
$K_4$ ——地形、地理条件系数 见表 1-2-9；

$W_0$ ——基本风压值 (Pa) 当有可靠风速记录时 按  $W_0 = v^2/1.6$  计算 若无风速记录时，可参照《公路桥涵设计通用规范》(JTJ 021—89)所规定的《全国基本风压分布图》并通过实地调查核实后采用 其中： $v$  为设计风速 (m/s) 按平坦空旷地面，离地面 20m 高 频率 1/100 的 10min 平均最大风速确定。

(2) 纵向风力因受上部构造和桥台、路堤的阻挡，较横向风力为小，常按折减后的横向风压乘以迎风面积来计算。例如桥墩上的纵向风力，可按横向风压的 70% 乘以桥墩迎风面积计算。

桥墩风载体形系数 ( $K_2$ )

表 1-2-7

截面形状				
			$l/b \leq 1.5$	$l/b > 1.5$
长宽比值		$l/b \geq 1.5$	$l/b \leq 1.5$	$l/b > 1.5$
体形系数 $K_2$	0.8	0.3	1.4	0.9

风压高度变化系数 ( $K_3$ )

表 1-2-8

离地面或常水位高度 (m)	$\leq 20$	30	40	50	60	70	80	90	100
风压高度变化系数 $K_3$	1.00	1.13	1.22	1.30	1.37	1.42	1.47	1.52	1.56

地形、地理条件系数  $K_d$ )

表 1-2-9

地形、地理条件	一般地区	山间盆地及谷地	峡谷口及山口	位于避风地点或城市市区内	沿海海面及海岛
地形、地理条件系数 $K_d$	1.00	0.75~0.85	1.20~1.40	0.8	1.30~1.50

### 5. 汽车制动力

当汽车在桥上制动时, 车轮和路面之间将产生一种水平的滑动摩擦力, 这种摩擦力叫车辆制动力。桥上的车队不可能全部同时制动, 所以制动力的大小并不等于摩擦系数乘以荷载长度内的车辆总重力, 而是按荷载长度内车辆总重力的一部分计算。

当桥面为 1~2 车道时, 制动力按布置在荷载长度内的一行汽车车队总重力的 10% 计算, 但不得小于一辆重车的 30%。当桥面为 4 车道时, 制动力为上述数值的 2 倍。

制动力的方向就是行车方向, 着力点在桥面以上 1.2m 处。为计算方便, 刚架桥、拱桥的制动力着力点移至桥面上; 其他形式的上部构造, 着力点可移至支座中心。刚性墩台各种支座传递的制动力见《公路桥涵设计通用规范》(JTJ 021—89) 中表 2.3.9。对于简支梁桥, 当墩台为柔性桩墩时, 设有油毛毡支座的墩台, 制动力可按桩墩刚度分配; 设有板式橡胶支座的墩台, 可考虑桩墩与支座的联合抗推作用。

### 6. 支座摩阻力

桥梁上部构造因温度变化会沿支座伸缩, 因此, 在活动支座的接触面上会产生水平方向的摩阻力, 其值按下式计算:

$$F = \mu V \quad (1-2-3)$$

式中:  $V$ ——作用于活动支座的竖向反力;

$\mu$ ——支座的摩阻系数, 油毛毡垫层  $\mu = 0.6$ ; 橡胶与混凝土间的摩阻系数  $\mu = 0.3$ ; 橡胶与钢板间的摩阻系数  $\mu = 0.2$ 。

### 7. 温度影响力

在计算超静定结构桥梁时, 应考虑由温度变化引起构件变形而产生的内力, 它的大小应根据当地具体情况、结构物使用的材料和施工条件等因素计算决定。

各种材料的线膨胀系数, 可按《公路桥涵设计通用规范》(JTJ 021—89) 中表 2.3.12 的数值采用。

### 8. 流水压力及冰压力

在计算墩台、基础时, 应根据桥梁所在地区的具体情况, 分别计入流水压力或冰压力, 这些力要视实际可能作用的情况加以组合, 例如考虑流水压力就不考虑冰压力, 参见《公路桥涵设计通用规范》(JTJ 021—89) 中第 2.3.10 条和第 2.3.11 条。

结构物在制造、运输和安装过程中, 应考虑可能出现的施工荷载, 如结构重力、脚手架、材料机具、人群等。构件在吊装时, 其重力应乘以动力系数 1.2 或 0.85 (可视具体情况增减)。

## 三、偶然作用

偶然作用在设计基准期内出现的概率很小, 一旦出现, 其值很大且持续时间很短。例如罕遇地震力、车辆、船只或漂浮物撞击力等。

### 1. 船只或漂浮物的撞击力

在通航河道和有漂浮物出现的河流上建造桥梁时, 墩台、基础计算应考虑船只或漂浮物的

冲击力，但船只冲击力和漂浮物冲击力不能同时考虑。公路与公路立交时要考虑车辆冲击力。冲击力的大小应采用实测资料进行计算。

## 2.地震力

在地震设计烈度为 8 度及 8 度以上的地震区修建桥梁时应采取抗震措施以提高桥梁的抗震能力。地震力的计算和结构抗震设计应符合《公路工程抗震设计规范》(JTJ 004—89) 的规定。

## 第二节 作用效应及其组合

### 一、作用效应

结构对所受作用的反应称为作用效应。作用效应包括由作用产生的结构的轴力、弯矩、剪力、扭矩、应力、变形、裂缝、位移等。

### 二、作用效应组合

公路工程结构设计时，应按各种设计状况对可能同时产生的作用效应进行组合，并取其最不利组合的设计值。互不相容的作用，其效应不应进行组合。

(1)公路工程结构按承载能力极限状态设计时，应根据各自的情况选用以下一种或两种作用效应组合：

基本组合。永久作用的设计值效应与可变作用设计值效应相组合。

偶然组合。永久作用标准值效应与可变作用某种代表值效应、一种偶然作用标准值效应相组合。

对于持久状态下承载能力极限状态设计，当有多个可变作用效应参与组合时，应根据可变作用的性质和数量，采用不同的分项系数和效应组合系数。

(2)公路工程结构当需要按正常使用极限状态设计时，应根据结构不同的设计要求选用以下一种或两种作用效应组合：

短期效应组合。永久作用标准值效应与可变作用频遇值效应相组合。

长期效应组合。永久作用标准值效应与可变作用准永久值效应相组合。

## 第三章 桥梁构造

### 第一节 梁式桥的主要类型及其适用情况

钢筋混凝土与预应力混凝土梁式桥（包括板桥）具有多种不同的构造类型。对其演变加以分析可以看出，除了从力学上考虑充分发挥材料特性而不断改进桥梁的截面形式外，构件的施工方便以及起重安装设备的能力，也是影响构造形式发生变化的重要因素。

以下简述钢筋混凝土和预应力混凝土梁式桥上部结构的构造类型及其适用情况。